第１章 ディジタル・マルチメータによる諸量の測定

Training for Measurement Using Digital Multi-Meter

1.1　目的

組み立てたディジタル・マルチメータ(DMM)を用いて、直流電圧、交流電圧、抵抗、および静電容量を測定し、誤差と確度範囲を修得する。

1.2　理論

1.2.1　誤差

誤差率 ε は被試験器の表示値 M(本器の読み値)から真の値 T(標準器の読み値、複数回測定した平均値)を差し引いた値と、真の値 T との比を 100 分率で表示する。

$$\varepsilon = \frac{M - T}{T} \times 100 \qquad (\%) \qquad (1.1)$$

1.2.2　確度範囲

確度は一定の環境、測定条件下にて「測定器の表示値(測定値)に対して一定の割合の±の%値 rdg(reading)と、一定の±のカウント数 dgt(digit)との和」で表示する。

1.3　方法

1.3.1　直流電圧測定

直流電圧測定の測定対象は、電池や装置の直流回路の電圧である。
測定手順は、

1. ファンクションスイッチを V=/～(ディジタル・マルチメータ　組立・取扱説明書 5 ページ参照) に合わせる。
2. セレクトスイッチを押し、表示器左上に=(直流)を表示させる。
3. テストピンを測定対象に当て表示を読み取る。

となる。

測定上の注意

- 電圧測定は必ず測定対象(電源など)と並列接続にする。
- 入力端子に750V以上の過電圧を加えてもOL表示をしないので注意する。
- 測定端子に+、ーが逆極性の電圧で加わるとー(マイナス)付きの表示となる。
- オートレンジの場合はテストリード開放時に表示が変動するが、正常である。

1.3.2　交流電圧測定

交流電圧測定の測定対象は、電灯線の電圧や、小型トランスのタップ電圧などの正弦波交流電圧である。
測定手順は、

1. ファンクションスイッチをV=/〜(ディジタル・マルチメータ　組立・取扱説明書6ページ参照)に合わせる。
2. セレクトスイッチを押し、表示器左上方に〜(交流)を表示させる。
3. テストピンを測定対象に当て表示を読み取る。

となる。
被測定物は、

1. 単巻き変圧器(トランス)の出力電圧を測定する。
2. テストピンを実験台のコンセントに接続し商用交流の電圧を読み取る。

とする。
測定上の注意

- 電圧測定は必ず測定対象(電源など)と並列接続にする。
- 入力端子に750V以上の過電圧を加えてもOL表示をしないので注意する。
- 平均値動作式のため正弦波以外の波形の電圧では測定誤差を生じる。
- 周波数が40〜400Hzの範囲内で確度は保証される。
- 0V入力時に、AC4Vレンジでは、3カウント程度の数字が残るが正常である。
- マニュアルレンジで400mVレンジに設定できるが確度は不確定である。

1.3.3　抵抗測定

抵抗測定の測定対象は、抵抗器や回路、回路部品の抵抗値測定である。
測定手順は、

1. ファンクションスイッチをΩ(ディジタル・マルチメータ　組立・取扱説明書7ページ参照)に合わせる。
2. セレクトスイッチを押し表示器の右上にMΩを表示させる。
3. テストピンを測定対象に当て表示を読み取る。

となる。
測定上の注意

- 電圧の加わっている部分の測定はできないばかりではなく危険である。
- テストピンに指を触れて測定すると誤差を生じる。
- テストピンに何も接続してない時にはOLを表示する。
- 測定端子開放電圧は0.4Vである。従って、ダイオードやトランジスタのチェックはできない。

1.3.4　静電容量測定

静電容量測定の測定対象は、主にコンデンサで、その静電容量を測定する。
測定手順は、

1. ファンクションスイッチを”静電容量”(ディジタル・マルチメータ　組立・取扱説明書8ページ参照)に合わせる。
2. セレクトスイッチを押し表示を00.00nFにする(表示器右上に“ REL”が表示される)。
3. テストピンをコンデンサの端子に当て､表示が安定してから測定値を読み取る。

となる。
測定上の注意

- 安全上、コンデンサに充電された電荷は測定前に必ず放電させる。
- 静電容量測定ファンクションはオートレンジのみである。
- 静電容量が大きくなると測定時間が長くなる。
- (例)10μFで2～4秒、100μFで13～16秒である。
- 有極性コンデンサ(+、－の有るコンデンサ)の測定では、コンデンサの+側が赤のテストピン(+側の測定端子)となるように接続する。

1.4　結果

測定では、同じ被測定物に対して3回以上測定し、平均値を求める。
誤差εは、式1.1の真値Tを平均値に置き換えて求める。

1.4.1　直流電圧測定結果

直流電圧 測定番号	直流電源電圧 V_{Ds}(V)	DMMによる 直流電圧V_{Dx}(V)	平均値 V_{Dave}(V)	誤差 ε_D(%)	確度範囲 V_{Dr}(V)

1.4.2　交流電圧測定結果

交流電圧 測定番号	交流電源電圧 V_{As}(V)	DMMによる 交流電圧V_{Ax}(V)	平均値 V_{Aave}(V)	誤差 ε_A(%)	確度範囲 V_{Ar}(V)

1.4.3　抵抗測定結果

抵抗の 測定番号	カラー抵抗 $R_c(\Omega)$	DMMによる 抵抗$R_x(\Omega)$	平均値 $R_{ave}(\Omega)$	誤差 ε_R(%)	確度範囲 $R_r(\Omega)$

1.4.4　静電容量測定結果

静電容量 測定番号	カラー静電容量 $C_c(\mu F)$	DMMによる 静電容量$C_x(\mu F)$	平均値 $C_{ave}(\mu F)$	誤差 ε_C(%)	確度範囲 $C_r(\mu F)$

1.5　注意事項

1.5.1　誤差の計算例

　式1.1の誤差を求めるときの真値Tとして、平均値を使用する。
平均値の求め方は、第0.5.7項の「収集データを整理するときの平均値と有効数字」を参照する。

1.5.2　確度の計算例

　計算例
　ある標準電圧(真の値)をPCTK(以下、PCTKを本器と言う)のAC400Vレンジで測定したとき、表示値が106.6Vであった場合の確度を調べる。
　本器のAC400Vレンジの確度は±(1.5%rdg+5dgt)である。400Vレンジの場合の1dgtは0.1Vに相当することから、

$$(\pm 1.5\% \times 106.6\mathrm{V}) + (\pm 0.1\mathrm{V} \times 5) = (\pm 1.6\mathrm{V}) + (\pm 0 \cdot 5\mathrm{V}) = 2.1\mathrm{V}$$

従って真の値は、106.6V ± 2.1V もしくは、104.5～108.7V の範囲内に存在する(ただし、確度保証温度、湿度範囲以内であり、交流の場合は40～400Hz以内の正弦波交流の時)。この範囲内に真の値が含まれない場合は、本器の表示が規格から外れていることになる。

1.6　問題

抵抗の種類とその特徴および使用例を調べよ。
コンデンサの種類とその特徴および使用例を調べよ。

1.7　実験装置・規格

1.7.1　JISカラーコードの基準

定格値を表示するカラーコードの基準は、表1.1のとおりである。12種類の色はそれぞれ0から9までの数字、10の累乗、許容差および定格電圧である。

表1.1:　色と数字の関係

色名	数字	10の累乗		許容差(%)	定格電圧値(V)
く　ろ	0	10^{0}=	1		500
ちゃいろ	1	10^{1}=	10	±1	100
あ　か	2	10^{2}=	100	±2	200
だいだい	3	10^{3}=	1,000		300
き	4	10^{4}=	10,000		400
み ど り	5	10^{5}=	100,000		500
あ　お	6	10^{6}=	1,000,000		600
むらさき	7	10^{7}=	10,000,000		700
はいいろ	8	10^{8}=	100,000,000		800
し　ろ	9	10^{9}=	1,000,000,000		900
金　色		10^{-1}=	0.1	±5	1000
銀　色	—	10^{-2}=	0.01	±10	—
—		—	—	±20	500

1.7.2　固定抵抗器のカラーコード

- 固定抵抗器のカラーコードは
- 第1色帯はオームを単位とする定格抵抗値の第一数字である。
- 第2色帯はオームを単位とする定格抵抗値の第二数字である。
- 第3色帯は10の累乗である。
- 第4色帯は許容誤差である。

である(図1.1参照)。
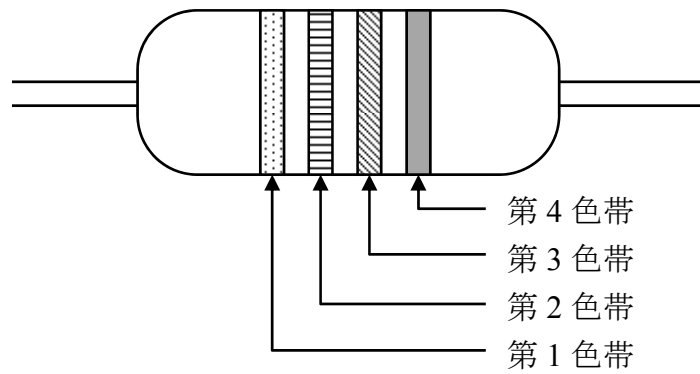
図1.1:　固定抵抗器のカラーコード

固定抵抗器のカラーコード表示例(図1.2参照)で、

- 第1色帯：だいだい
- 第2色帯：あか
- 第3色帯：ちゃいろ
- 第4色帯：金色

の場合は、抵抗値は32×10^1[Ω]で抵抗値許容誤差が±5%となる。
　色と数字の対応は表1.1を参照する。
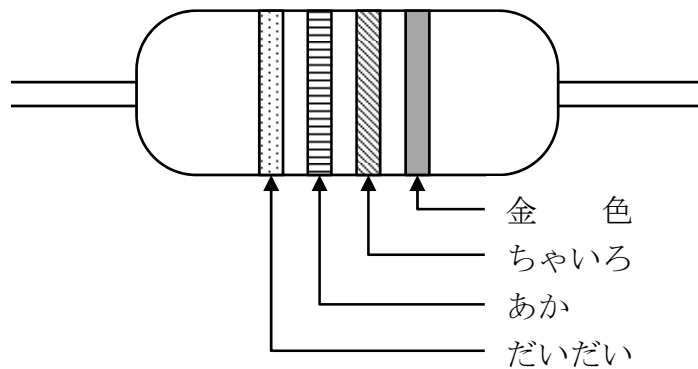
図1.2:　固定抵抗器のカラーコード表示例

1.7.3　高誘電率磁器コンデンサのカラーコード

図1.3.1、図1.3.2は、高誘電率磁器コンデンサのカラーコードで、

- 静電容量(第1有効数字、第2有効数字、倍率)
- 静電容量許容差

などを示し(図1.3.1、図1.3.2参照)、静電容量の単位はpFである。

<table>
<tr><th rowspan="2">色　名</th><th rowspan="2">特性</th><th colspan="2">静電容量</th><th rowspan="2">静電容量許容差(%)</th><th rowspan="2">定格電圧値(V)</th></tr>
<tr><th>静電容量の第1第2有効数字</th><th>倍率</th></tr>
<tr><td>くろ</td><td rowspan="10">—</td><td>0</td><td>1</td><td>±20</td><td rowspan="2">—</td></tr>
<tr><td>ちゃいろ</td><td>1</td><td>10</td><td rowspan="5">—</td></tr>
<tr><td>あか</td><td>2</td><td>100</td><td>250</td></tr>
<tr><td>だいだい</td><td>3</td><td>1,000</td><td rowspan="2">—</td></tr>
<tr><td>き</td><td>4</td><td rowspan="7">—</td></tr>
<tr><td>みどり</td><td>5</td><td>500</td></tr>
<tr><td>あお</td><td>6</td><td>+100、-0</td><td rowspan="5">—</td></tr>
<tr><td>むらさき</td><td>7</td><td rowspan="4">—</td></tr>
<tr><td>はいいろ</td><td>8</td></tr>
<tr><td>しろ</td><td>9</td></tr>
<tr><td>銀　色</td><td>XX、YZ</td><td>—</td></tr>
</table>

図1.3.1:　高誘電率磁器コンデンサのカラーコード(角型)

<table>
<tr><th rowspan="2">色　　名</th><th rowspan="2">特性</th><th colspan="2">静電容量</th><th rowspan="2">静電容量
許容差(%)</th><th rowspan="2">定格電圧値
(V)</th></tr>
<tr><th>静電容量の第1
第2有効数字</th><th>倍率</th></tr>
<tr><td>く　　ろ</td><td rowspan="10">—</td><td>0</td><td>1</td><td>±20</td><td rowspan="2">—</td></tr>
<tr><td>ちゃいろ</td><td>1</td><td>10</td><td rowspan="5">—</td></tr>
<tr><td>あ　　か</td><td>2</td><td>100</td><td>250</td></tr>
<tr><td>だいだい</td><td>3</td><td>1,000</td><td rowspan="2">—</td></tr>
<tr><td>き</td><td>4</td><td rowspan="8">—</td></tr>
<tr><td>み ど り</td><td>5</td><td>500</td></tr>
<tr><td>あ　　お</td><td>6</td><td>+100、-0</td><td rowspan="5">—</td></tr>
<tr><td>むらさき</td><td>7</td><td rowspan="4">—</td></tr>
<tr><td>はいいろ</td><td>8</td></tr>
<tr><td>し　　ろ</td><td>9</td></tr>
<tr><td>銀　　色</td><td>XX、YZ</td><td>—</td></tr>
</table>

等級X：くろ
Y：はいいろ
Z：あか
（省略してもよい）
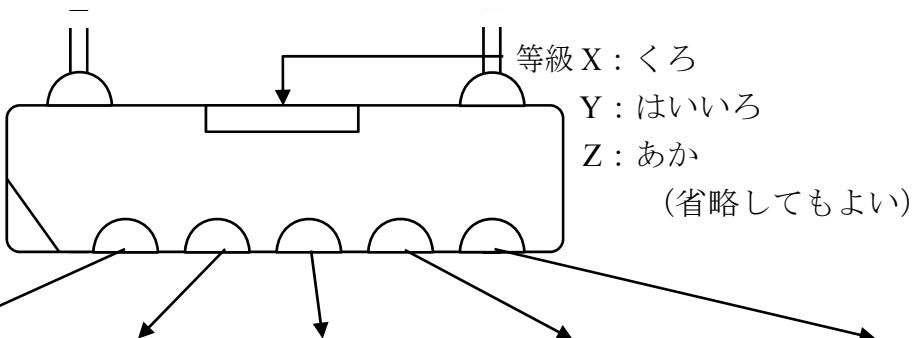
図1.3.2:　高誘電率磁器コンデンサのカラーコード（丸型）

1.7.4 温度補償用磁器コンデンサのカラーコード

図1.4.1、図1.4.2は、温度補償用磁器コンデンサのカラーコードで、

- 静電容量温度係数
- 静電容量(第1有効数字、第2有効数字、倍率)
- 静電容量許容差

などを示し(図1.4.1、図1.4.2参照)、静電容量の単位はpFである。

色名	静電容量温度係数 ×10^{-8}/C	静電容量		静電容量許容差		定格電圧 V(V)
		静電容量の第1第2有効数字	倍率	10pF以下 (pF)	10pFをこえるもの (%)	
く　　ろ	0	0	1	±2.0	±20	ー
ちゃいろ	-30	1	10	ー	±1	ー
あ　　か	-80	2	100		±2	250
だいだい	-150	3	1,000		ー	ー
き	-220	4	ー		ー	ー
み ど り	-330	5		±0.5	±5	500
あ　　お	-470	6	ー	ー	ー	ー
むらさき	-750	7				
はいいろ	-30	8	0.01	±0.025		
し　　ろ	一般用	9	0.1	±1.0	±10	
銀　　色	+100	ー	ー	ー	ー	

図1.4.1:　温度補償用コンデンサのカラーコード（角型）

<table>
<tr><th rowspan="2">色　　名</th><th rowspan="2">静電容量
温度係数
$\times 10^{-8}$/C</th><th colspan="2">静電容量</th><th colspan="2">静電容量許容差</th><th rowspan="2">定格電圧
V(V)</th></tr>
<tr><th>静電容量の第1
第2有効数字</th><th>倍率</th><th>10pF以下
(pF)</th><th>10pFを
こえるもの
(%)</th></tr>
<tr><td>く　ろ</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>±2.0</td><td>±20</td><td>―</td></tr>
<tr><td>ちゃいろ</td><td>-30</td><td>1</td><td>10</td><td rowspan="4"></td><td>±1</td><td>―</td></tr>
<tr><td>あ　か</td><td>-80</td><td>2</td><td>100</td><td>±2</td><td>250</td></tr>
<tr><td>だいだい</td><td>-150</td><td>3</td><td>1,000</td><td>―</td><td>―</td></tr>
<tr><td>き</td><td>-220</td><td>4</td><td rowspan="2">―</td><td>―</td><td>―</td></tr>
<tr><td>み ど り</td><td>-330</td><td>5</td><td>±0.5</td><td>±5</td><td>500</td></tr>
<tr><td>あ　お</td><td>-470</td><td>6</td><td rowspan="2">―</td><td rowspan="2">―</td><td rowspan="3">―</td><td rowspan="5">―</td></tr>
<tr><td>むらさき</td><td>-750</td><td>7</td></tr>
<tr><td>はいいろ</td><td>-30</td><td>8</td><td>0.01</td><td>±0.025</td></tr>
<tr><td>し　ろ</td><td>一般用</td><td>9</td><td>0.1</td><td>±1.0</td><td>±10</td></tr>
<tr><td>銀　色</td><td>+100</td><td>―</td><td>―</td><td>―</td><td>―</td></tr>
</table>
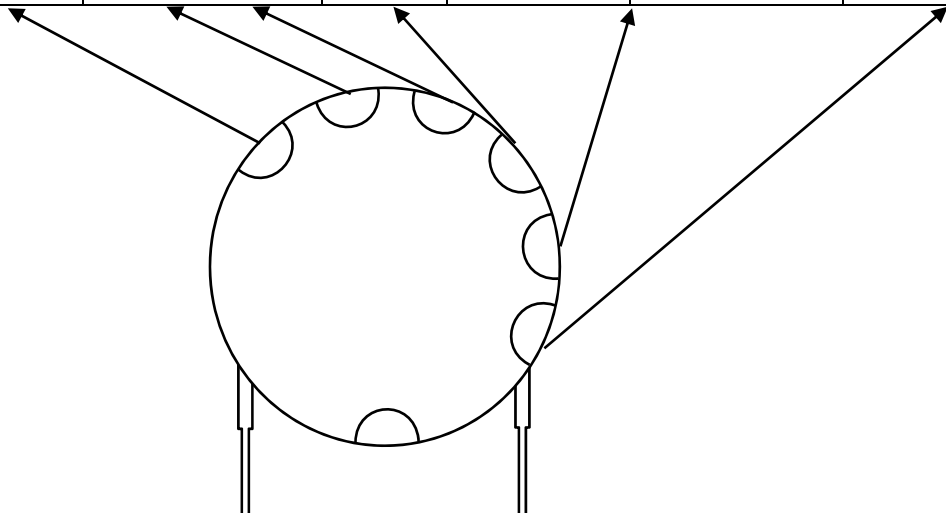
図1.4.2:　温度補償用磁器コンデンサのカラーコード（丸型）

1.7.5 マイカコンデンサのカラーコード

図1.5は、温度補償用磁器コンデンサのカラーコードで、

- 静電容量温度係数
- 静電容量(第1有効数字、第2有効数字、倍率)
- 静電容量許容差

などを示し、静電容量の単位はpFである。

<table>
<tr><th rowspan="2">色名</th><th rowspan="2">等級</th><th rowspan="2">特性</th><th colspan="2">静電容量</th><th>静電容量</th><th>定格電圧値</th></tr>
<tr><th>有効数字</th><th>乗数</th><th>許容差(%)</th><th>(V)</th></tr>
<tr><td>く　ろ</td><td>X</td><td>A</td><td>0</td><td>1</td><td>±20(M)</td><td rowspan="3">—</td></tr>
<tr><td>ちゃいろ</td><td>—</td><td>B</td><td>1</td><td>10</td><td>—</td></tr>
<tr><td>あ　か</td><td>Z</td><td>C</td><td>2</td><td>100</td><td>±2(G)</td></tr>
<tr><td>だいだい</td><td rowspan="5">—</td><td>D</td><td>3</td><td>1,000</td><td rowspan="2">—</td><td>300</td></tr>
<tr><td>き</td><td>E</td><td>4</td><td>10,000</td><td>—</td></tr>
<tr><td>みどり</td><td>F</td><td>5</td><td rowspan="7">—</td><td>±5(J)</td><td>500</td></tr>
<tr><td>あ　お</td><td rowspan="6">—</td><td>6</td><td rowspan="5">—</td><td rowspan="3">—</td></tr>
<tr><td>むらさき</td><td>7</td></tr>
<tr><td>はいいろ</td><td>Y</td><td>8</td></tr>
<tr><td>し　ろ</td><td rowspan="3">—</td><td>9</td><td>1,000</td></tr>
<tr><td>金　色</td><td rowspan="2">—</td><td rowspan="2">—</td></tr>
<tr><td>銀　色</td><td>±10(K)</td></tr>
</table>
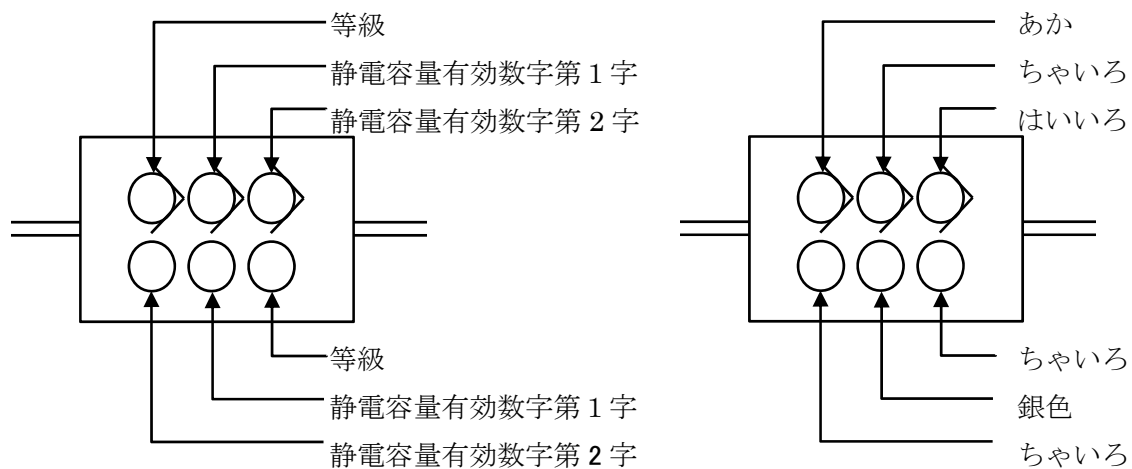
図1.5:　マイカコンデンサのカラーコード

マイカコンデンサのカラーコード表示(1.6参照)が

- 等級：あか
- 静電容量有効数字第1字：ちゃいろ
- 静電容量有効数字第2字：はいいろ
- 特性：ちゃいろ
- 静電容量許容差：銀色
- 乗数：ちゃいろ

のコンデンサは、

- 等級：Z　（静電容量：180pF）
- 特性：B　（静電容量許容差：±10%）

の規格となる。

1.7.6　マイラコンデンサのカラーコード
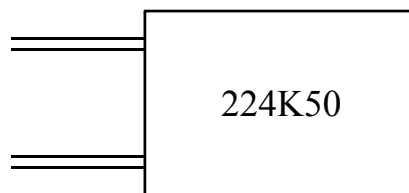
図1.6:　マイラコンデンサの値表示

図1.6 のマイラコンデンサに表示されている224K50の意味は、

- 第1文字と第2文字は有効数字
- 第3文字はべき乗値
- 第4文字は
- 第5文字と第6文字は

である。

224K50と表示されているマイラコンデンサの値は

$$
\begin{aligned}
224k50 &= 22\times10^{4}\times10^{-12}[F]\\
&= 22\times10^{-8}[F]\\
&= 220\times10^{-9}[F]\\
&= 220[nF]
\end{aligned}
\tag{1.2}
$$

となる。